

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



PATENT  
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the application of:

MINUCCIANI et al.

Serial No.: 10/676,080

Group Art Unit: 2125

Filed: October 2, 2003

For: METHOD FOR IDENTIFICATION AND MANAGEMENT OF ERRORS AND DEFECTS IN  
ASSEMBLY AND WELDING LINES FOR AUTOMOTIVE VEHICLE BODIES AND BODY  
PARTS OR THE LIKE AND PLANT IN ACCORDANCE WITH SAID METHOD

CLAIM TO PRIORITY

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the prior foreign application  
filed in the following foreign country(ies) is hereby requested and the  
right of priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

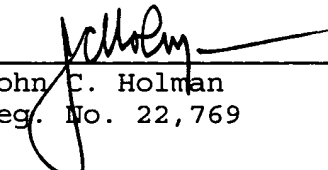
Italy Application No. MI2002A 002109 filed 4 October 2002.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of said  
foreign application.

Respectfully submitted,

JACOBSON HOLMAN PLLC

By: \_\_\_\_\_

  
John C. Holman  
Reg. No. 22,769

400 Seventh Street, N.W.  
Washington, D.C. 20004-2201  
Telephone: (202) 638-6666

Atty. Docket No.: P69166US0  
Date: April 26, 2004  
JCH:crj



*Ministero delle Attività Produttive*  
*Direzione Generale per lo Sviluppo Produttivo e la Competitività*  
*Ufficio Italiano Brevetti e Marchi*  
*Ufficio G2*

Autenticazione di copia di documenti relativi alla domanda di brevetto per:

**Invenzione Industriale**

N.

MI2002 A 002109



*Si dichiara che l'unita copia è conforme ai documenti originali  
depositati con la domanda di brevetto sopraspecificata, i cui dati  
risultano dall'accluso processo verbale di deposito.*

Roma, li ..... **1<sup>o</sup> OTT. 2003**

per IL DIRIGENTE

*Paola Giuliano*

Dr.ssa Paola Giuliano

## AL MINISTERO DELL'INDUSTRIA DEL COMMERCIO E DELL'ARTIGIANATO

MODULO

UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI - ROMA

DOMANDA DI BREVETTO PER INVENZIONE INDUSTRIALE, DEPOSITO RISERVE, ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO

## A. RICHIEDENTE (I)

1) Denominazione **ADVANCED TECHNOLOGIES S.r.l.**  
 Residenza **Pianezza (Torino)** codice **0793200601**  
 2) Denominazione **BROWN & SHARPE DEA S.p.A.** **SP**  
 Residenza **Moncalieri (Torino)** codice **05847100012**

## B. RAPPRESENTANTE DEL RICHIEDENTE PRESSO L'U.I.B.M.

cognome e nome **FARAGGIANA Vittorio ed altri** cod. fiscale  
 denominazione studio di appartenenza **Ingg. Guzzi e Ravizza s.r.l.**  
 via **V. Monti** n. **8** città **MILANO** cap **20123** (prov) **MI**

## C. DOMICILIO ELETTIVO destinatario

via \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ città \_\_\_\_\_ cap \_\_\_\_\_ (prov) \_\_\_\_\_

## D. TITOLO

classe proposta (sez/cl/sci)

gruppo/sottogruppo

**"METODO PER L'INDIVIDUAZIONE E LA GESTIONE DI ERRORI E DIFETTI IN LINEE DI ASSEMBLAGGIO E SALDATURA DI CARROZZERIE E PARTI DI CARROZZERIE DI AUTOVEICOLI O SIMILI, E IMPIANTO SECONDO TALE METODO"**

ANTICIPATA ACCESSIBILITÀ AL PUBBLICO: SI ☐ NO ☒

SE ISTANZA: DATA

N° PROTOCOLLO

## E. INVENTORI DESIGNATI

cognome nome

cognome nome

1) **Minucciani Giorgio** 3) **Ercole Maurizio**  
 2) **Recupero Antonio** 4)

## F. PRIORITÀ

nazione o organizzazione

tipo di priorità

numero di domanda

data di deposito

allegato  
S/R

## SCIOGLIMENTO RISERVE

Data

N° Protocollo

1) \_\_\_\_\_  
 2) \_\_\_\_\_

## G. CENTRO ABILITATO DI RACCOLTA COLTURE DI MICRORGANISMI, denominazione

## H. ANNOTAZIONI SPECIALI

## DOCUMENTAZIONE ALLEGATA

N. es.

Doc. 1) **2** **PROV** n. pag. **27** riassunto con disegno principale, descrizione e rivendicazioni (obbligatorio 1 esemplare)  
 Doc. 2) **2** **PROV** n. tav. **01** disegno (obbligatorio se citato in descrizione, 1 esemplare)  
 Doc. 3) **1** **RIS** lettera d'incarico, procura o riferimento procura generale  
 Doc. 4) **1** **RIS** designazione inventore  
 Doc. 5) **1** **RIS** documenti di priorità con traduzione in italiano  
 Doc. 6) **1** **RIS** autorizzazione o atto di cessione  
 Doc. 7) **1** nominativo completo del richiedente

8) attestati di versamento, totale **Euro DUECENTONOVANTUNO/80 (291,80)** obbligatorio

COMPILATO IL **04 10 2002** FIRMA DEL (I) RICHIEDENTE (I) **Ingg. Guzzi e Ravizza** p.i. **per se e per gli altri**

CONTINUA S/NO **no**

DEL PRESENTE ATTO SI RICHIEDE COPIA AUTENTICA S/NO **si**

C.C.I.A.A.

UFFICIO PROVINCIALE IND. COMM. ART. B.

MILANO

codice **15**

VERBALE DI DEPOSITO NUMERO DI DOMANDA **MI2002A 002109** Reg. A

L'anno millenario **QUER MILADUE** Il giorno **QUATTRO** del mese di **OTTOBRE**

Il (I) richiedente (I) sopraindicato (I) ha (hanno) presentato a me sottoscritto la presente domanda, completa di n. **00** fogli aggiuntivi per la concessione del brevetto sopraindicato.

## I. ANNOTAZIONI VARIE DELL'UFFICIO ROGANTE

IL DEPOSITANTE

*Stefano Alessio*



L'UFFICIALE ROGANTE

M. CORTONESI

## RIASSUNTO INVENZIONE CON DISEGNO PRINCIPALE, DESCRIZIONE E RIVENDICAZIONE

NUMERO DOMANDA

MI20022A 002109

REG. A

DATA DI DEPOSITO

04/10/2002

NUMERO BREVETTO

DATA DI RILASCIO

/ /

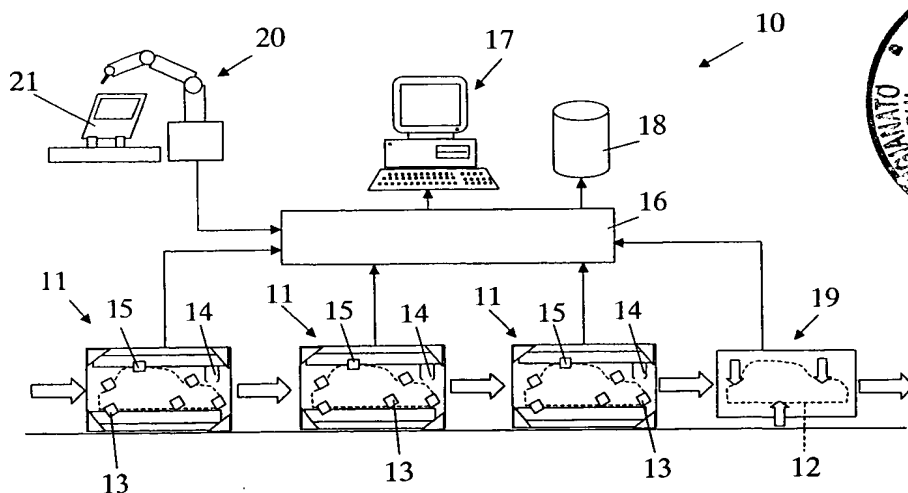
## D. TITOLO

**"METODO PER L'INDIVIDUAZIONE E LA GESTIONE DI ERRORI E DIFETTI IN LINEE  
DI ASSEMBLAGGIO E SALDATURA DI CARROZZERIE E PARTI DI CARROZZERIE DI  
AUTOVEICOLI O SIMILI, E IMPIANTO SECONDO TALE METODO"**

## L. RIASSUNTO

Un impianto è formato da una pluralità di stazioni automatiche (11) per l'esecuzione di un processo di assemblaggio di parti di carrozzerie o simili. Nelle stazioni sono presenti sensori di misura in stabiliti punti di rilevamento per la misura di grandezze geometriche delle parti in assemblaggio. I dati di misura rilevati dai sensori sono ricevuti da una unità di elaborazione (16) la quale rileva eventuali deformazioni delle parti nelle varie stazioni e risale dalle deformazioni rilevate alle cause di esse ed emette segnale di diagnosi della causa presunta. Per l'individuazione di errori un metodo secondo l'invenzione comprende una fase di analisi nella quale si determinano punti di misura, si determinano correlazioni tra le misure rilevabili nei punti di misura e possibili cause che possono generare tali spostamenti. In una successiva fase di diagnosi in linea l'unità di elaborazione sorveglia eventuali spostamenti nei punti di misura precedentemente determinati, risale alle possibili cause degli spostamenti e segnala tali possibili cause per permetterne, se desiderato o necessario, l'eliminazione. Per l'individuazione delle cause si impiega un modello matematico al quale si applicano sollecitazioni possibili e si individuano le deformazioni che esse generano per poi compararle con le deformazioni realmente misurate.

## M. DISEGNO

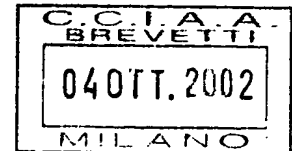


"Metodo per l'individuazione e la gestione di errori e difetti in linee di assemblaggio e saldatura di carrozzerie e parti di carrozzerie di autoveicoli o simili, e impianto secondo tale metodo"

titolare: 1) ADVANCED TECHNOLOGIES S.r.l. 2) BROWN & SHARPE DEA S.p.A.

con sede in: 1) PIANEZZA (TO) 2) MONCALIERI (TO)

**MI 2002A 002109** \* \* \* \* \*



La presente invenzione si riferisce ad un metodo per l'individuazione e la gestione di errori e difetti in linee di assemblaggio e saldatura di carrozzerie e parti di carrozzerie di autoveicoli o simili. In particolare, la gestione riguarda la diagnosi ed eventualmente la terapia di difetti. L'invenzione si riferisce anche ad un impianto secondo tale metodo

Nella tecnica nota sono ben conosciute linee di produzione di carrozzerie e parti di carrozzerie composte da una pluralità di stazioni automatizzate di assemblaggio di precisione, comprendenti una struttura che porta una pluralità di tasselli di bloccaggio, per il posizionamento reciproco dei pezzi da assemblare. Dispositivi di assemblaggio, ad esempio bracci robot articolati di saldatura, fissano stabilmente assieme i pezzi posizionati dai tasselli e il prodotto finito viene poi estratto dalla stazione per passare alle stazioni successive. L'assemblaggio può avvenire mediante saldatura, incollaggio, rivettatura, graffatura, ecc., a seconda della specifica esigenza.

Uno dei problemi più importanti che si riscontrano su tali linee è quello di garantire la correttezza dimensionale del prodotto realizzato. Infatti, vari fattori concorrono a rendere l'oggetto prodotto difforme dall'oggetto desiderato. Fattori degradanti possono essere, ad esempio, propri alla tecnica di assemblaggio utilizzata, o dovuti a cambiamenti geometrici che intervengono successivamente alla taratura iniziale di una o più stazioni. Ad esempio, nel caso di assemblaggio mediante saldatura possono

intervenire variazioni o deriva dei parametri di saldatura, quali quelli dovuti al consumo dell'elettrodo, variazione della corrente elettrica o del tempo di saldatura, cambiamento nella posizione o sequenza di esecuzione dei punti di saldatura, ecc. Analoghi fattori possono essere rintracciati anche per le altre metodologie di assemblaggio.

Variazioni geometriche possono anche essere provocate da interventi di manutenzione e/o di regolazione delle stazioni, usura delle parti mobili, o anche da variazioni di parametri fisici dei pezzi che vengono assemblati (variazione di composizione, di spessore, di forma, ecc. dei pezzi da assemblare). Tipica è la variazioni di spessore dei pezzi stampati in lamiera al variare del lotto di produzione. Per cercare di ridurre il numero di prodotti difettosi, nella tecnica nota si procede in genere ad effettuare misure a campione, prelevando ad intervalli un prodotto al termine della linea ed effettuandone il controllo in apposite stazioni di misura per rilevarne gli scostamenti dalla forma "ideale". Se vengono rilevati difetti oltre i limiti tollerabili, la linea o parte di essa viene fermata e si cerca di risalire alla stazione o stazioni che hanno prodotto il difetto, per poi risalire alla causa del difetto all'interno della o delle stazioni così individuate. Infine, si eseguono i necessari interventi di correzione.

Con un tale modo di procedere si ottengono però inevitabilmente un certo numero di prodotti difettosi prima che il difetto venga rilevato. Ciò comporta, fra l'altro, lo spreco di parti anche complesse e già passate attraverso varie lavorazioni perfettamente riuscite e che erano perciò perfettamente accettabili fino al momento del loro assemblaggio nella stazione difettosa. Inoltre, la ricerca della causa del difetto e la sua eliminazione richiedono tempi elevati con i conseguenti elevati costi di fermo impianto.

Scopo generale della presente invenzione è ovviare agli inconvenienti sopra menzionati fornendo un metodo ed un impianto che permettano di individuare con efficienza gli errori, risalire rapidamente alle specifiche cause ed, eventualmente, avere indicazioni per la loro veloce e pratica risoluzione.

In vista di tale scopo si è pensato di realizzare, secondo l'invenzione, in un impianto formato da una pluralità di stazioni automatiche per l'esecuzione di un processo di assemblaggio di parti di carrozzerie o simili, nelle stazioni essendo presenti mezzi automatici di appoggio e bloccaggio delle parti da assemblare e mezzi automatici di assemblaggio delle parti appoggiate e bloccate, un metodo per l'individuazione e la gestione di errori e difetti che comprende fasi di analisi preliminari con i passi di determinare punti di misura sensibili agli spostamenti di punti di vincolo che comprendono punti di appoggio e bloccaggio delle parti nelle stazioni; determinare correlazioni tra le misure rilevabili nei detti punti di misura sensibili ai detti spostamenti e possibili cause che possono generare tali spostamenti; e fasi di diagnosi in linea che comprende i passi di sorvegliare eventuali spostamenti nei punti di misura precedentemente determinati e, nel caso, risalire alle possibili cause degli spostamenti; segnalare tali possibili cause per permetterne, se desiderato o necessario, l'eliminazione.

Si è inoltre pensato di realizzare un impianto formato da una pluralità di stazioni automatiche per l'esecuzione di un processo di assemblaggio di parti di carrozzerie o simili, nelle stazioni essendo presenti mezzi automatici di appoggio e bloccaggio delle parti da assemblare e mezzi automatici di assemblaggio delle parti appoggiate e bloccate, comprendete nelle stazioni sensori di misura in stabiliti punti di rilevamento per la misura di grandezze geometriche delle parti in assemblaggio, i dati di misura rilevati dai sensori essendo ricevuti da una unità di elaborazione la



quale rileva eventuali deformazioni delle parti nelle varie stazioni e risale dalle deformazioni rilevate alle cause di esse nel processo di assemblaggio ed emette segnale di diagnosi della causa presunta.

Per rendere più chiara la spiegazione dei principi innovativi della presente invenzione ed i suoi vantaggi rispetto alla tecnica nota si descriverà di seguito, con l'aiuto dell'unico disegno allegato, una possibile realizzazione esemplificativa applicante tali principi.

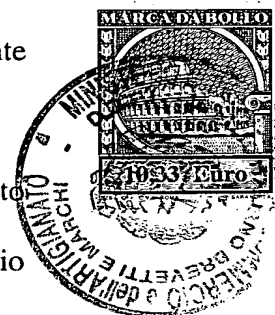
Con riferimento alla figura, è mostrato schematicamente un impianto, indicato genericamente con 10, realizzato secondo l'invenzione. Nell'impianto è presente una pluralità di stazioni 11 che eseguono ciascuna specifiche fasi di un processo per la realizzazione di una parte assemblata o carrozzeria 12 di un autoveicolo. Le varie fasi possono essere di saldatura, ribattitura, incollaggio, ecc, di parti di carrozzeria per giungere al prodotto desiderato. La struttura e i mezzi di montaggio delle vari stazioni non saranno qui ulteriormente mostrati essendo in sé noti e facilmente immaginabili dal tecnico.

Ciascuna stazione comprenderà noti tasselli di bloccaggio 13 per il posizionamento reciproco dei pezzi da assemblare e noti dispositivi di assemblaggio 14 (ad esempio robot di saldatura) che fissano stabilmente le varie parti di carrozzeria.

Come sarà chiaro in seguito, in ciascuna stazione è presente una pluralità di sensori 15 che rilevano (secondo quanto sarà descritto in seguito) la posizione di punti delle parti di carrozzeria nella stazione stessa.

Le misure rilevate nelle stazioni vengono raccolte tutte in un sistema o unità di elaborazione 16 che elaborerà i dati e li visualizzerà su un terminale 17 oltre che a memorizzarle in modo ordinato in una banca dati 18.

Oltre ai sensori nelle stazioni di assemblaggio, a fine linea può essere presente una



nota stazione di misura 19 per la rilevazione di un certo numero di parametri dimensionali sul prodotto.

Come sarà chiaro nel seguito, la diagnosi vera e propria consiste nell'individuare il punto del processo produttivo nel quale risiede la causa di una anomalia ("Localizzazione dell'anomalia lungo il processo"). La localizzazione è a livello sia di stazione di lavorazione (ad esempio: "la causa agisce nella stazione di geometria della scocca N° 120"), sia di fase di lavorazione (ad esempio: "la causa agisce nella fase di saldatura"). Si deve inoltre individuare il punto del pezzo nel quale agisce l'anomalia ("Localizzazione dell'anomalia lungo il pezzo").

La localizzazione tende a mettere in relazione il pezzo sia con l'attrezzatura (ad esempio: "la causa risiede in prossimità dei tasselli 25 e 26") sia con altri pezzi cui esso si accoppia (ad esempio "la causa risiede lungo la superficie di accoppiamento della fiancata con il pavimento"). Infine, si deve individuare la natura della causa che ha generato l'anomalia ("Definizione della natura dell'anomalia o patologia").

La localizzazione della causa lungo il processo può essere resa complicata dal fatto che in alcuni casi, per effetto di fattori di moltiplicazione dell'errore, il fenomeno si manifesta in modo palese solo molto più a valle rispetto al punto ove è stato generato. Ad esempio, determinati errori sulla lavorazione del pavimento si possono manifestare solo quando si effettua l'accoppiamento con le fiancate nelle stazioni di geometria delle scocche.

La localizzazione della causa lungo il pezzo può presentare problemi simili. In questo caso si tratta di discriminare il punto ove risiede la causa rispetto ai punti che risentono solo degli effetti di tale causa. Questo in particolare quando l'anomalia si manifesta in diversi punti del pezzo ma dipende da un'unica causa. Analogamente al caso precedente, gli errori possono essere più evidenti in punti lontani alla causa che

non in punti vicini. Ad esempio errori sul pavimento, e quindi nella parte bassa della scocca, si possono rendere più evidenti sul tetto, e quindi nella parte alta della scocca, per un effetto “leva” prodotto dai conseguenti errori di posizionamento delle fiancate.

Secondo l’invenzione, per impiegare l’analisi strutturale per funzioni diagnostiche e correttive, vantaggiosamente si esegue una fase preliminare che comprende la determinazione dei punti di misura sensibili agli spostamenti dei punti di appoggio e bloccaggio nelle varie stazioni e sensibili ad eventuali cause di spostamento simulabili, e la creazione di una matrice semplificata, costruita sui punti di vincolo e di misura, a risoluzione molto veloce e quindi adatta per effettuare operazioni di ricerca in linea per tentativi. Si possono quindi determinare le correlazioni tra spostamenti rilevati e possibili cause che li hanno generati.

Si impiegano poi le correlazioni e le regressioni lineari per determinare quali sono i punti “sensibili” alle possibili azioni correttive. Si devono anche impiegare le regressioni lineari per determinare le variazioni di ritorno elastico a seguito di correzioni sui punti di appoggio e bloccaggio nelle stazioni.

Il primo passo di creazione di una matrice semplificata per operazioni di ricerca in linea per tentativi avviene sfruttando noti concetti di analisi strutturale.

L’impiego normale dell’analisi strutturale consiste però nel ricavare le deformazioni derivanti da determinate sollecitazioni. Questo modo di operare si può chiamare “procedimento diretto”.

Per gli scopi della presente invenzione occorre invece effettuare un “procedimento inverso” e cioè quello che permette di risalire dalle deformazioni, rilevate sperimentalmente, alle sollecitazioni che le hanno determinate. Un possibile procedimento potrebbe essere in questo caso quello di operare “per tentativi”, vale a

dire di applicare al modello matematico tutte le sollecitazioni possibili e determinare quali sono fra le sollecitazioni applicate quelle che forniscono deformazioni che più si avvicinano alle deformazioni realmente rilevate nei punti di misura. Le combinazioni possibili di sollecitazioni sono però elevatissime ed il tempo di calcolo per ciascuna analisi strutturale è abbastanza lungo. Pertanto questo rende impraticabile un tale metodo in una applicazione reale.

Secondo i principi dell'invenzione, si procede a realizzare il modello strutturale matematico dei pezzi in lavorazione impiegando le tecniche convenzionali, ottenendo così quello che si può definire "modello strutturale completo". Dal modello completo si ricava poi un "modello strutturale semplificato", nel quale i nodi si riducono ai punti di vincolo e di applicazione delle sollecitazioni (ad esempio, i riferimenti ed i tasselli di bloccaggio nelle stazioni) e ai punti di rilevamento dei sensori di misura propri delle stazioni di lavorazione. Con tecniche note questo modello semplificato si può vantaggiosamente ridurre ulteriormente per ottenere una matrice molto semplice e calcolabile con estrema rapidità.

Si applica poi al modello semplificato il metodo "per tentativi" sopra menzionato, in modo da ricavare le sollecitazioni sui bloccaggi che determinano le deformazioni rilevate in linea sui punti di misura. L'operazione di ricerca per tentativi può essere facilmente studiata in modo da ridurre il numero di elaborazioni. Questo fatto, unito alla grande rapidità del calcolo della matrice, rende perfettamente praticabile il metodo.

In particolare, il metodo di soluzione per tentativi viene utilizzato per operazioni di diagnosi, nelle quali data una certa distribuzione di reali deformazioni rilevate, si ricava il punto di sollecitazione che la genera e l'entità di tale sollecitazione, e per operazioni di correzioni (o di "terapia"), nelle quali data una certa distribuzione di

deformazioni reali rilevate si ricava la distribuzione delle sollecitazioni che possono essere applicate per compensare tali deformazioni.

Normalmente l'operazione di terapia sopra detta porta ad infinite soluzioni, in quanto i punti di sollecitazione sono maggiori dei punti di misura. Si possono però utilizzare questi gradi di libertà per ricercare, tra le infinite soluzioni possibili, quelle che ottimizzano determinati parametri (detti "criteri di ottimizzazione") che possono venire scelti, ad esempio, a seconda di specifiche esigenze o di desideri operativi o di qualità. Ad esempio, si può volere minimizzare le deformazioni residue dopo la correzione, minimizzare il numero di sollecitazioni di correzione da utilizzare; minimizzare l'entità globale di sollecitazioni correttive da applicare, minimizzare le tensioni interne indotte dalle sollecitazioni correttive, ecc.

I punti nei quali si rilevano le deformazioni devono essere scelti in modo da ottimizzare la definizione dei punti di vincolo o di sollecitazione (ad esempio i tasselli) che generano tali deformazioni, sia per le operazioni di diagnosi sia per le operazioni di terapia.

Questo richiede sia che i punti siano "sensibili" a piccoli spostamenti dei tasselli e cioè i punti cambino geometria al variare della posizione dei tasselli, sia che i singoli punti siano adatti alla discriminazione delle varie cause simulate.

Per ottenere ciò, secondo l'invenzione, si utilizza il modello strutturale dei pezzi per determinare le "zone" (definite da un insieme di punti) di sensibilità per ogni causa di sollecitazione simulabile (ad esempio posizione dei tasselli) e possibili loro combinazioni.

Le "zone" così definite si discriminano poi in relazione alle cause ad esse associate e si applica alle zone discriminate il metodo "per tentativi" al fine di definire i punti ottimali di misura. Questo procedimento consiste nel posizionare virtualmente i



sensori nelle “zone” precedentemente discriminate e calcolare il numero di cause così rilevabili.

Simulando tutti i possibili dislocamenti di sensori si può definire la soluzione ottimale costituita dal complesso di sensori che garantisce la massimizzazione del numero di cause rilevabili e la minimizzazione del numero di sensori utilizzati.

Si utilizzano poi i risultati così ottenuti per definire le cause simulate che sono discriminabili (normalmente tutte) e le correlazioni tra “zone” scelte e cause, intese come associazione biunivoca tra combinazioni di valori misurati, espressi come tutto o niente (1 o 0) rispetto a determinate soglie, e causa relativa.

A questo punto si possono ottenere le “firme” delle varie cause di difetto possibili, vale a dire i profili degli effetti normalizzati su tutte le misure rilevate.

Durante il funzionamento normale del sistema si può anche decidere di impiegare un numero di sensori minore del numero di sensori necessari a discriminare tutte le possibili cause. In tal caso, le cause reali discriminabili possono essere in numero minore di quelle simulate. Il sistema comunque può indicare le cause discriminabili corredate di tutti i parametri prima citati e indicare, inoltre, le cause non discriminabili corredate dalle rispettive firme.

Per realizzare alcune funzioni diagnostiche e correttive vengono impiegati alcuni concetti di calcolo statistico.

Normalmente nelle stazioni di saldatura della lastratura automobilistica, si tenta, spostando la posizione dei tasselli di bloccaggio, di compensare deviazioni o errori geometrici di varia natura. Con questi spostamenti, che portano i tasselli “fuori geometria” e cioè fuori dai valori nominali, si inducono delle tensioni interne nel pezzo in lavorazione, all’atto del bloccaggio. Normalmente non si vuole che tali tensioni siano tali da indurre nel materiale delle deformazioni plastiche permanenti.

Pertanto, in condizioni normali e cioè in regime “lineare”, il ritorno elastico, all’atto dello sbloccaggio, riporta il pezzo nelle condizioni iniziali senza introdurre alcuna compensazione.

Per avere delle correzioni “permanenti” e cioè che si mantengano anche dopo lo sbloccaggio del pezzo, occorre che intervengano operazioni “non lineari” nel ciclo produttivo che intercorre tra bloccaggio e sbloccaggio del pezzo. Nel caso della saldatura, scartando le operazioni non lineari di deformazione plastica come già accennato precedentemente, le operazioni non lineari sono costituite da movimenti relativi (scorrimenti o movimenti a battuta) delle lamiere delle parti da assemblare all’atto del bloccaggio che vengono successivamente “congelate” dalle operazioni di saldatura. Se questi movimenti relativi sono influenzati dalla posizione dei bloccaggi, lo spostamento dei relativi tasselli determina correzioni permanenti. I punti cui corrispondono queste correzioni permanenti vengono qui definiti “punti sensibili”.

Il problema è quello di riuscire a determinare tali punti sensibili.

La presente invenzione si prefigge anche di determinare i “punti sensibili” di una determinata lavorazione di saldatura in base ad elaborazioni statistiche senza richiedere di spostare fisicamente i bloccaggi, operazione normalmente delicata ed onerosa. Per determinare tali punti qui ci si basa sulla considerazione che, per effetto della dispersione delle forme e posizioni dei pezzi in ingresso, si hanno molte combinazioni tra geometria del pezzo e geometria dei tasselli utilizzabili a livello statistico.

Si procede con l’esaminare l’andamento della dispersione degli errori geometrici all’ingresso ed all’uscita del ciclo di saldatura sotto esame. Di tali dispersioni si esamina poi la “correlazione” e la “retta di regressione lineare” tra ingresso ed uscita. Se la correlazione è alta (vicina ad 1) e la retta di regressione ha inclinazione vicina

ai  $45^\circ$  (coefficiente angolare vicino ad 1) significa che il processo produttivo restituisce il pezzo in uscita inalterato rispetto a come si presenta in ingresso, indipendentemente dalla posizione relativa del pezzo rispetto al bloccaggio. Quindi in tali condizioni il punto "non è sensibile". Al contrario i punti sono tanto più "sensibili" quanto più bassa è la correlazione tra ingresso ed uscita e tanto più lontana è l'inclinazione della retta di regressione lineare dai  $45^\circ$

I punti "sensibili" così definiti permettono di effettuare delle correzioni permanenti, ma sono comunque affetti da ritorni elastici che riducono l'efficacia della correzione stessa. In altri termini, per ottenere il risultato voluto, l'intervento correttivo deve essere incrementato della parte erosa dalle variazioni di ritorno elastico che si verificano tra situazione prima e dopo la correzione.

A questo punto è perciò necessario determinare la legge di variazione del ritorno elastico di un punto del pezzo tra ingresso ed uscita di una stazione di saldatura in funzione della variazione della posizione relativa tra tassello di bloccaggio e pezzo stesso. Questo al fine di determinare gli aggiustamenti degli spostamenti dei tasselli di bloccaggio necessari per effettuare interventi correttivi su punti misurati. Per fare ciò ci si può utilmente basare sulle stesse considerazioni statistiche viste nel punto precedente.

Anche in questo caso si vuole effettuare la valutazione sulla base di elaborazioni statistiche senza richiedere di spostare fisicamente i bloccaggi. Si procede perciò con l'esaminare l'andamento della dispersione degli errori geometrici all'ingresso ed all'uscita del ciclo di saldatura sotto esame. Di tali dispersioni si esamina poi la "retta di regressione lineare" tra ingresso ed uscita. L'inclinazione di tale retta determina la parte di spostamento che viene erosa dalla variazione di ritorno elastico. In altri termini, detti 's' lo spostamento del tassello, 'x' la misura in ingresso, 'y' la misura



in uscita ed 'm' il coefficiente angolare della retta di regressione, si ha:

$$y = s - m \cdot s$$

da cui si ricava:

$$s = y / (1 - m)$$

Pertanto lo spostamento  $s$  che si deve dare al tassello per correggere un errore in uscita  $y$  deve essere modificato di un fattore  $1/(1-m)$ . Tale fattore tende a 1 (nessun aggiustaggio) per  $m$  tendente a 0 e tende ad infinito (correzione impossibile) per  $m$  tendente ad 1 e cioè per inclinazione della retta di regressione tendente a  $45^\circ$ . Tutto ciò è coerente con la definizione di "sensibilità" vista precedentemente.

Sino a qui si è supposto che tutti i necessari dati di misura che vengono impiegati per la diagnostica come sopra descritta provengano da un unico sistema di misura, così che essi siano correlati e coerenti gli uni con gli altri e possano perciò essere direttamente impiegati.

Nella realtà, i dati proverranno da differenti stazioni di lavoro e da differenti sistemi di misura. Vantaggiosamente, la metrologia (vale a dire i sistemi di misura e rilevamento delle caratteristiche dimensionali che si vogliono sorvegliare) è sia distribuita lungo il processo (vantaggiosamente inserita direttamente nelle attrezzature delle varie stazioni così da essere capace di misurare anche durante tutte le operazioni di saldatura, senza richiedere spazi dedicati) sia concentrata a fine linea (ad esempio, realizzata con macchine di misura a coordinate tipo DEA).

Normalmente, i dati rilevati da sistemi diversi non sono metrologicamente coerenti, e cioè non sono direttamente confrontabili tra di loro per svariate ragioni. Nel nostro caso specifico è da considerare che i gruppi di lamierati da misurare sono frequentemente molto flessibili e si ha perciò che fra le varie stazioni le misure non sono omogenee perché in ciascuna stazione di lavoro i pezzi sono riferiti in modo



diverso, hanno un assetto diverso rispetto alla verticale e, quindi, con deformazioni diverse per effetto della forza peso e, infine, sono deformati in modo diverso per effetto di modi diversi di sostenerli e di bloccarli.

Per un corretto impiego dell'insieme di dati provenienti da rilevamenti diversi occorre "correlare" i dati tra loro, vale a dire trovare le leggi che permettono di passare dai dati misurati con un sistema ai dati misurati con un altro. In altri termini, occorre eliminare le differenze che non dipendono dalle dimensioni reali dei pezzi ma dal modo in cui sono misurate. Si devono perciò determinare le leggi di trasformazione da un sistema all'altro di rilevamento quantomeno per le tre cause di incoerenza sopra menzionate.

Per pezzi riferiti in modo diverso, normalmente in metrologia dimensionale la trasformazione dei riferimenti è effettuata sulla base della posizione assoluta dei riferimenti stessi. Nel nostro caso di applicazione diagnostica, il sistema è mal utilizzabile sia perché i riferimenti possono essere affetti da errore (oggetto essi stessi di diagnosi) sia perché il pezzo, durante la misura, può essere sostenuto non sui punti di riferimento ma su altri punti noti con scarsa precisione, come avviene, ad esempio, quando esso è afferrato da organi di movimentazione.

Si è perciò preferito un differente approccio che consiste nell'effettuare un'elaborazione di "best fitting" (costituita dalla ricerca della rototraslazione del pezzo che minimizza gli errori residui) sui dati provenienti da entrambi i sistemi di rilevamento che si vogliono confrontare. Se il best fitting è effettuato sugli stessi punti, i riferimenti finali delle due serie di dati risultano coincidenti indipendentemente dai riferimenti usati per la loro misurazione originaria.

Per il problema dei pezzi con assetto diverso rispetto alla verticale si è innovativamente scelto di impiegare l'analisi strutturale per determinano le

differenze dovute alle deformazioni legate alle forze peso che agiscono diversamente nei due casi.

Infine, il problema degli errori dovuti a pezzi deformati in modo diverso per effetto di modi diversi di sostenerli e di bloccarli, può essere diviso per comodità in due sottocasi.

Il primo caso è quello nel quale il pezzo è sostenuto isostaticamente. In questo caso le variazioni sono dovute solo a diversi effetti delle forze peso e la soluzione è analoga a quella del caso precedente

Il secondo caso è quello nel quale il pezzo è sostenuto e bloccato iperstaticamente. In questo caso, oltre alle variazioni dovute a diversi effetti delle forze peso e valutabili come nel caso precedente, si deve tener conto delle deformazioni indotte dal bloccaggio.

In tutti casi grazie all'impiego dei concetti di analisi strutturale si può determinare le variazioni indotte dal bloccaggio tenendo conto della geometria reale (da determinarsi con altri sistemi) sia dei pezzi sia degli organi di bloccaggio.

Un primo esempio di impiego di dati metrologici correlati, provenienti da sistemi diversi di rilevamento e quello della cosiddetta "Firma di processo".

Ai fini diagnostici è molto importante localizzare l'insorgenza dell'anomalia e conseguentemente della sua causa. La localizzazione deve determinare il punto del processo, la fase del ciclo di lavorazione ed il punto del pezzo nei quali si manifesta l'anomalia.

A questo provvede la metrologia distribuita lungo il processo che genera una segnalazione là dove l'anomalia incomincia a manifestarsi. Tuttavia non sempre l'anomalia si manifesta semplicemente come deviazione dall'errore zero. Infatti normalmente, nei processi quali quelli di lastratura automobilistica, per ottenere

errore zero sul prodotto finito, è normale avere certe deviazioni dallo zero in determinati punti del processo e del pezzo che vengono successivamente compensate ed annullate.

Questo perché non sempre è possibile eliminare l'errore dove nasce, ad esempio in fase di stampaggio, e, inoltre, non è possibile avere ovunque lavorazioni a "tensione interna zero" e, perciò, stati interni di "coazione" -con conseguenti variazioni di forma che evolvono lungo il processo- devono essere accettati e gestiti.

In altri termini è "fisiologico" avere errori lungo il processo che vengono annullati successivamente. La geometria dei pezzi in ingresso e dei semilavorati evolve lungo le linee di lavorazione come conseguenza delle variazioni di rigidità e delle variazioni degli stati interni di coazione, causati dalle forzature meccaniche e dalle sollecitazioni termiche, che si verificano lungo il processo di lavorazione.

E' anche da considerare che la geometria dei pezzi e la geometria delle attrezzature di sostegno e bloccaggio differiscono per effetto dei ritorni di lamiera ("spring-back").

Infine, da un punto di vista strettamente metrologico, i rilevamenti geometrici sui semilavorati non coincidono con quelli sui prodotti finiti come conseguenza delle differenti condizioni nelle quali le misure solitamente vengono effettuate.

Non è perciò efficiente segnalare subito alcuni tipi di errore e scartare pezzi in base ad essi nel momento stesso della loro rilevazione.

Lungo il processo, l'evoluzione delle deviazioni rispetto al valore nominale di un determinato punto, che inizia nel pezzo in ingresso, prosegue nei semilavorati nei loro vari stadi di avanzamento e termina nel pezzo finito, costituisce la "Firma del processo" in quel punto. Il nome deriva dal fatto che ogni processo ed ogni punto ha una sua evoluzione tipica che lo contraddistingue.

Se definiamo “firma del processo” l’andamento tipico degli errori sistematici lungo il processo (tale firma è caratteristica per ogni impianto), possiamo definire “Firma zero” la firma del processo che porta ad avere errori nulli sul pezzo finale. Essa non è mai completamente “piatta” anche se tale situazione costituisce l’obbiettivo cui tendere, essendo una delle condizioni del processo ideale a “tensione zero”.

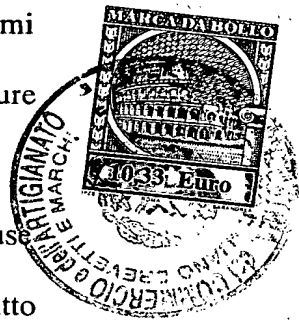
La firma zero è tutta pari a zero (“Firma zero piatta”) solo nel caso limite di “processo a tensione zero” che costituisce una situazione ideale mai completamente realizzabile ma alla quale è bene tendere.

La “firma zero” viene ottenuta mediante la correlazione tra dati misurati lungo la linea (“metrologia distribuita”) e dati misurati a fine linea (“metrologia concentrata di certificazione o audit”). L’ottenimento della firma è un’operazione tipicamente statistica, calcolata sui valori sistematici. Viene poi rilevata in linea la firma attuale e le sue deviazioni rispetto alla firma zero vengono impiegate per individuare i punti del processo a comportamento anomalo (localizzazione dell’anomalia).

Un secondo esempio di impiego di dati metrologici correlati, provenienti da sistemi diversi di rilevamento, è quello della scomposizione e ricomposizione delle figure nelle operazioni di discriminazione degli errori di posizione e di forma.

Infatti, uno degli obbiettivi importanti della diagnosi è quello di discriminare le cause di anomalie che si traducono in errori di forma locale, ad esempio generati all’atto dello stampaggio della lamiera, e le cause di anomalie che si traducono in errori di posizione reciproca di parti assiemate, ad esempio generati da operazioni non corrette di saldatura.

È pertanto opportuno ricostruire la geometria del pezzo reale con la maggior completezza possibile e quindi utilizzare tutte le sorgenti di rilevamento disponibili tenendo anche conto della loro complementarità. Secondo l’invenzione, la



geometria reale del pezzo viene qui ricostruita “cucendo” i dati che descrivono gli errori di forma locali con i dati che descrivono la geometria generale derivante dal modo di accoppiare i pezzi. Per fare ciò si segue vantaggiosamente la seguente metodologia in tre fasi.

Nella prima fase, i dati di forma locali sono rilevati, eventualmente focalizzando su zone critiche le misure effettuate con sistemi flessibili di rilevamento 20, ad esempio con macchine di misura a coordinate o robot di misura antropomorfi. Le misure sono effettuate su pezzi 21 che costituiscono sottoinsieme dei pezzi che sono realizzati dall'assemblaggio dei pezzi 21, fino a realizzare il prodotto o pezzo finale 12.

Nella seconda fase, i dati generali della geometria di accoppiamento delle parti sono rilevati con macchine in linea a campionatura molto alta, ad esempio con noti sistemi di misura paralleli, che comprendono o sono i sistemi di sensore 15 delle stazioni.

Nella terza fase, i dati sono inviati all'unità di elaborazione 16 e la ricostruzione della geometria generale viene effettuata da quest'ultima mediante nota analisi strutturale che utilizza come dati geometrici di partenza i dati di errori di forma locali rilevati nella prima fase e come vincoli i dati di posizionamento delle parti rilevati nella seconda fase.

A questo punto è chiaro come grazie al sistema e al metodo qui descritti è possibile rispondere in modo appropriato alle seguenti domande:

- il prodotto è soddisfacente, quindi il processo funziona correttamente, oppure (se il processo non funziona in modo soddisfacente) dove e perché non funziona bene?
- se il processo non funziona in modo soddisfacente, come rimediare (terapia)?
- quali sono gli effetti dei rimedi simulati prima di fare gli interventi sbagliati (prognosi)?

Nell'applicazione della terapia (ovvero nella correzione del processo) si avrà una

prima fase durante la quale verranno effettuate le operazioni preliminari di:

- individuare le zone sensibili intese come aree nelle quali è possibile correggere il pezzo in modo permanente agendo sulla posizione dei tasselli di bloccaggio nella o nelle stazioni;

- individuare zone di possibili interventi correttivi (aree sensibili e con errori rilevanti);

- individuare gli aggiustamenti necessari nella definizione degli spostamenti dei tasselli per tenere conto delle variazioni di 'spring back' conseguenti all'intervento.

Dopo le operazioni preliminari, la prima fase della terapia prosegue con la determinazione degli spostamenti dei tasselli, vale a dire con l'individuazione dei tasselli da spostare e dell'entità dello spostamento, in funzione di obiettivi prefissati di precisione finale.

Nella determinazione degli spostamenti dei tasselli si possono applicare due differenti strategie di terapia che si possono indicare come terapie curative, vale a dire terapie che tendono a rimuovere la causa del difetto, e terapie compensative, vale a dire terapie che tendono a compensare l'effetto, anche senza conoscere la causa del difetto, quando non è possibile o opportuno intervenire dove la causa nasce (ad esempio: compensazione nella stazione di assemblaggio di errori di forma dei pezzi dovuti allo stampaggio).

Nel caso di applicazione di una terapia curativa, il sistema individua il tassello "fuori posto" e indica la correzione da effettuare su di esso.

Nel caso di terapie compensative, il sistema (dopo che ad esempio l'operatore ha indicato l'errore massimo residuo che si vuole ottenere) individua il numero minimo di tasselli da spostare, sceglie i tasselli sui quali agire, così da ottenere il risultato con il minimo spostamento, indica gli spostamenti da effettuare e, infine, indica gli errori

residui dopo la correzione.

La prognosi realizzata dal sistema, vale a dire la simulazione degli effetti della correzione proposta, permette di verificare il buon esito dell'operazione prima di effettuare onerose operazioni fisiche.

Con il sistema secondo l'invenzione, si possono ottenere svariate funzioni che coprono tutte le esigenze di gestione dell'impianto. Si hanno perciò:

- funzioni di supervisione e controllo, secondo le quali il sistema fornisce all'operatore una visione esaustiva del funzionamento del processo, aggiornata in tempo reale, a livello sia di sintesi generale sia di analisi dettagliata;

- funzioni di monitoraggio ed allarme, secondo le quali il sistema tiene costantemente sotto controllo il processo in tutti i suoi punti per richiamare automaticamente l'attenzione dell'operatore qualora insorgano anomalie;

- funzioni di diagnosi e terapia, secondo le quali il sistema, in caso di insorgenza di anomalie, localizza la causa, suggerisce interventi correttivi e ne verifica l'efficacia;

- funzioni di controllo di qualità del prodotto, secondo le quali il sistema tiene costantemente sotto controllo tutti i dati di qualità del prodotto e segnala l'esistenza di eventuali punti fuori tolleranza;

- funzioni di ottimizzazione del processo, secondo le quali il sistema fornisce un'analisi mirata del contributo di errore imputabile alle singole operazioni elementari del processo nel caso che si desideri migliorarne le prestazioni generali;

Di tutti gli eventi significativi che accadono durante la vita dell'impianto e che sono rilevati dal sistema, si possono naturalmente raccogliere dati storici, a fini statistici e di documentazione.

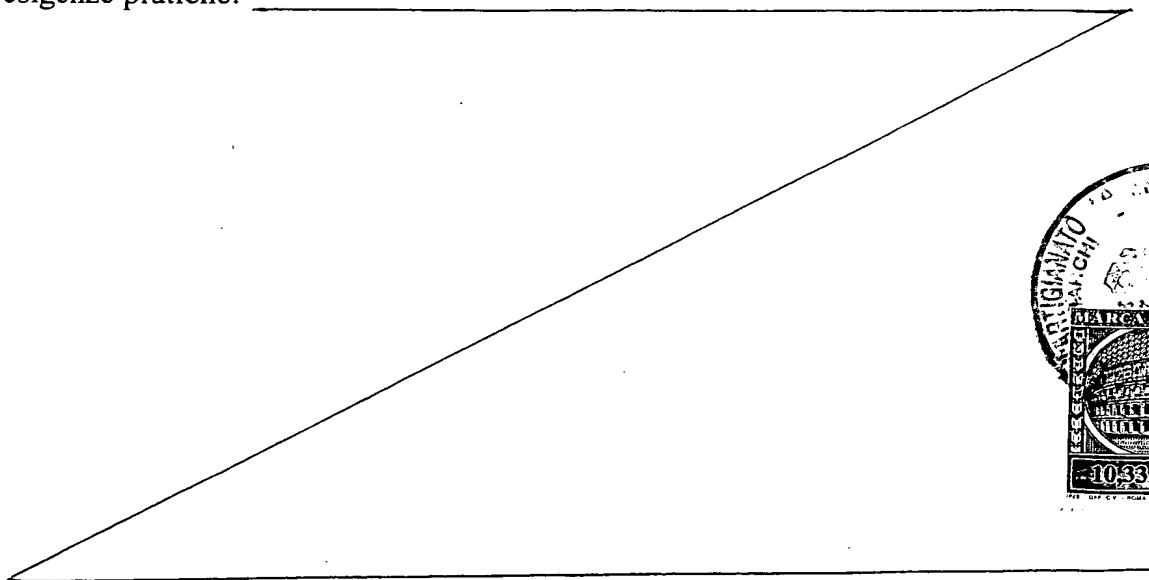
I vantaggi di un metodo e di un sistema secondo l'invenzione sono innumerevoli. Ad esempio, si ha una notevole riduzione del tempo di messa a punto nelle fasi di



avviamento di nuove linee e dei tempi di ricalibratura della linea nelle fasi di introduzioni di modifiche sul prodotto o sul processo o di cambiamenti nei fornitori di parti (ad es. cambi di lotti di lamiera). E' anche evidente la fondamentale riduzione del tempo di arresto del processo per interventi di ripristino o di manutenzione a seguito di guasti. Inoltre, si ha un sensibile miglioramento e stabilizzazione della qualità del prodotto con il mantenimento del livello di qualità del processo, in particolare in presenza di lavorazioni intrinsecamente poco stabili o geometricamente delicate, quale ad esempio le saldature laser.

Si ha anche una riduzione della produzione di scarti o di riprese di lavorazione e un flusso produttivo molto più controllato e, quindi, stabile nei confronti di eventi di perturbazione interni ed esterni.

Naturalmente, la descrizione sopra fatta di una realizzazione applicante i principi innovativi della presente invenzione è riportata a titolo esemplificativo di tali principi innovativi e non deve perciò essere presa a limitazione dell'ambito di privativa qui rivendicato. Ad esempio, il numero, il tipo e la disposizione delle stazioni di lavorazione e dei mezzi di misura possono essere i più vari a seconda delle specifiche esigenze pratiche.



## RIVENDICAZIONI

1. In un impianto formato da una pluralità di stazioni automatiche per l'esecuzione di un processo di assemblaggio di parti di carrozzerie o simili, nelle stazioni essendo presenti mezzi automatici di appoggio e bloccaggio delle parti da assemblare e mezzi automatici di assemblaggio delle parti appoggiate e bloccate, un metodo per l'individuazione e la gestione di errori e difetti comprende:

a) fasi di analisi preliminari comprendenti i passi di:

- determinare punti di misura sensibili agli spostamenti di punti di vincolo che comprendono punti di appoggio e bloccaggio delle parti nelle stazioni;
- determinare correlazioni tra le misure rilevabili nei detti punti di misura sensibili ai detti spostamenti e possibili cause che possono generare tali spostamenti;

b) fasi di diagnosi in linea comprendenti i passi di:

- sorvegliare eventuali spostamenti nei punti di misura precedentemente determinati e, nel caso, risalire alle possibili cause degli spostamenti;
- segnalare tali possibili cause per permetterne, se desiderato o necessario, l'eliminazione.

2. Metodo secondo rivendicazione 1, comprendente i passi di :

- disporre sensori di misura di grandezze geometriche delle parti in stabiliti punti di rilevamento;
- realizzare un modello strutturale matematico delle parti assemblate nelle varie stazioni;
- applicare al modello un metodo per "tentativi" che comprende

l'applicazione al modello di una pluralità di sollecitazioni possibili e determinare quali sono fra la pluralità di sollecitazioni quelle che danno nel modello deformazioni che più si avvicinano alle deformazioni praticamente rilevate nei punti di misura;

-impiegare la distribuzione di sollecitazioni così individuata per ricavare i punti di sollecitazione che l'hanno praticamente generata, al fine di fornire una diagnosi dei difetti o errori di assemblaggio nell'impianto.

3. Metodo secondo rivendicazione 2, nel quale il modello matematico è un modello semplificato nel quale i nodi del modello si riducono a punti di vincolo e di applicazione di sollecitazioni, che comprendono i punti di appoggio e bloccaggio delle parti nelle stazioni, e ai detti punti di rilevamento.
4. Metodo secondo rivendicazione 2, nel quale dalla distribuzione di sollecitazioni così individuata, si ricava una o più distribuzioni di sollecitazioni correttive da applicare nelle stazioni e che tendono a compensare le deformazioni praticamente rilevate, al fine di fornire terapia dei difetti o errori di assemblaggio nell'impianto.
5. Metodo secondo rivendicazione 4, nel quale, nel caso vi siano più distribuzioni di sollecitazioni che tendono a compensare le deformazioni, fra di esse viene selezionata come distribuzione di sollecitazioni da impiegare in pratica, quella che ottimizza prestabiliti parametri.
6. Metodo secondo rivendicazione 5, nel quale i parametri da ottimizzare sono scelti fra: minimizzazione delle deformazioni residue dopo la correzione; minimizzazione del numero di sollecitazioni di correzione da utilizzare; minimizzazione dell'entità globale di sollecitazioni correttive da applicare;

minimizzazione delle tensioni interne indotte dalle sollecitazioni correttive.

7. Metodo secondo rivendicazione 3, il quale, per la scelta dei punti di rilevamento, comprende i passi di:

- utilizzare un modello strutturale delle parti per determinare zone, definite da un insieme di punti, di sensibilità di ogni causa di sollecitazione o di possibili combinazioni di sollecitazioni, che si desidera rilevare;
- discriminare le zone definite in relazione alle cause ad esse associate;
- applicare alle zone discriminate il metodo “per tentativi” al fine di definire “zone” ottimali di misura, posizionando virtualmente i sensori nelle zone precedentemente discriminate e calcolando il numero di cause rilevabili, così da stabilire in quali posizioni i sensori rilevano il massimo numero di cause.

8. Metodo secondo rivendicazione 7, nel quale vengono simulati tutti i possibili dislocamenti di sensori e si definisce una soluzione ottimale costituita dal complesso di sensori che garantisce la massimizzazione del numero di cause rilevabili e la minimizzazione del numero di sensori utilizzati.

9. Metodo secondo rivendicazione 4, il quale, per determinare se e in che grado la posizione di punti prestabiliti delle parti assemblate sono sensibili allo spostamento di punti di vincoli in una stazione prima del loro assemblaggio, comprende i passi di:

- rilevare l'andamento della dispersione degli errori geometrici nel detto punto prestabilito prima e dopo l'operazione di assemblaggio;
- esaminare, di tale dispersione, la “correlazione” e la “retta di regressione lineare” tra ingresso ed uscita;
- il punto prestabilito viene definito tanto più “sensibile” quanto più bassa

è la correlazione tra ingresso ed uscita e tanto più lontana è l'inclinazione della retta di regressione lineare dai 45°.

10. Metodo secondo rivendicazione 4, il quale, per determinare l'entità dello spostamento di un punto di vincolo da imporre in una stazione per modificare in modo permanente la posizione di un punto prestabilito di parti assemblate nella stazione, comprende i passi di:

- rilevare l'andamento della dispersione degli errori geometrici nel detto punto prestabilito prima e dopo l'operazione di assemblaggio;
- esaminare, di tale dispersione la "retta di regressione lineare" tra ingresso ed uscita;
- imporre al punto di vincolo uno spostamento 's' pari a

$$s = y / (1 - m)$$

con x la misura in ingresso, y la misura in uscita ed m il coefficiente angolare della retta di regressione.

11. Metodo secondo rivendicazione 4, il quale, per rintracciare punti del processo responsabili di errori e difetti, comprende i passi di:

- calcolare l'andamento tipico degli errori sistematici lungo il processo, che verrà chiamato "firma del processo";
- definire la ideale firma del processo, detta "firma zero", che porta ad avere errori nulli sul pezzo assemblato alla fine del processo;
- ricevere dai sensori di misura delle stazioni dati dimensionali attuali delle parti e calcolare da essi la firma del processo attuale;
- utilizzare le deviazioni della firma del processo attuale dalla firma zero per individuare i punti del processo responsabili di errori e difetti.

12. Metodo secondo rivendicazione 3, il quale, per realizzare la ricostruzione



geometrica del pezzo assemblato, comprende i passi di:

- a) rendere congruenti misure rilevate in stazioni diverse su uno stesso pezzo, mediante analisi strutturale e "best fitting";
- b) rilevare dalle misure dati di forma locali su parti da assemblare ed estrarre da essi dati di errori di forma locali;
- c) rilevare dalle misure dati generali della geometria di posizionamento delle parti rilevandole sulle parti lungo l'impianto;
- d) elaborare i dati di forma locali e i dati generali di geometria sopra rilevati e ricostruire la geometria generale delle parti mediante analisi strutturale che utilizza come dati geometrici di partenza i dati di errori di forma locali rilevati al passo b) e come vincoli i dati di posizionamento delle parti rilevati al passo c).

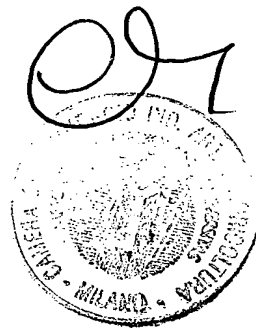
13. Impianto formato da una pluralità di stazioni automatiche per l'esecuzione di un processo di assemblaggio di parti di carrozzerie o simili, nelle stazioni essendo presenti mezzi automatici di appoggio e bloccaggio delle parti da assemblare e mezzi automatici di assemblaggio delle parti appoggiate e bloccate, comprendente nelle stazioni sensori di misura in stabiliti punti di rilevamento per la misura di grandezze geometriche delle parti in assemblaggio, i dati di misura rilevati dai sensori essendo ricevuti da una unità di elaborazione la quale rileva eventuali deformazioni delle parti nelle varie stazioni e risale dalle deformazioni rilevate alle cause di esse nel processo di assemblaggio ed emette segnale di diagnosi della causa presunta.

14. Impianto secondo rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che nell'unità di elaborazione è memorizzato un modello strutturale matematico semplificato delle parti assemblate nelle varie stazioni, nel quale i nodi del modello si

riducono a punti di vincolo e di applicazione di sollecitazioni che comprendono i punti di appoggio e bloccaggio delle parti nelle stazioni, e i detti punti di rilevamento, l'unità centrale applicando al modello stesso una pluralità di sollecitazioni possibili, determinando quali sono fra la pluralità di sollecitazioni quelle che danno nel modello deformazioni che più si avvicinano alle deformazioni praticamente rilevate dai sensori.

15. Impianto secondo rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che nelle stazioni sono presenti mezzi che possono operare su sui pezzi in assemblaggio per fornire correzione delle deformazioni rilevate.

I mandatori 1



MI 2002A 002 109

